

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-229425

(43)Date of publication of application : 15.08.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/31

G23C 16/452

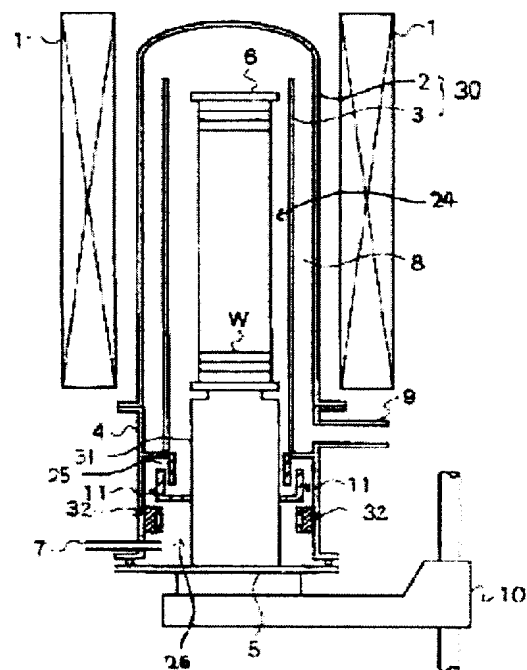
(21)Application number : 2002-027784

(71)Applicant : HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC

(22)Date of filing : 05.02.2002

(72)Inventor : SATO SEISHIN

## (54) SUBSTRATE PROCESSING APPARATUS



### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To control gas activated with plasma to reach a substrate provided within a reaction chamber as much as possible under the active condition.

SOLUTION: A substrate processing apparatus is provided with a reaction tube 30 to form a substrate processing region to process a wafer W, a furnace flange 4 to support the reaction tube 30, a gas supply pipe 7 provided to the furnace flange 4 to supply the gas to the reaction tube 30, and a plasma generating means 32 to generate plasma. The plasma generating means 32 is formed of an annular electrode 12 for discharging purpose and is then provided at an internal circumferential wall of the furnace flange 4. This plasma generating means 32 is provided to the furnace flange 4 near the gas supplying pipe 7 to supply the gas which requires activation with plasma and forms a plasma

generating region 26 within the furnace flange. A plasma control means 11 is further provided to control plasma between the plasma generating region 26 and the substrate processing region 24.

# 対応なし、英抄

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-229425

(P2003-229425A)

(43)公開日 平成15年8月15日(2003.8.15)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 21/31

H 0 1 L 21/31

B 4 K 0 3 0

C 2 3 C 16/452

C 2 3 C 16/452

5 F 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2002-27784(P2002-27784)

(22)出願日 平成14年2月5日(2002.2.5)

(71)出願人 000001122

株式会社日立国際電気

東京都中野区東中野三丁目14番20号

(72)発明者 佐藤 聖信

東京都中野区東中野三丁目14番20号 株式

会社日立国際電気内

(74)代理人 100090136

弁理士 油井 透 (外2名)

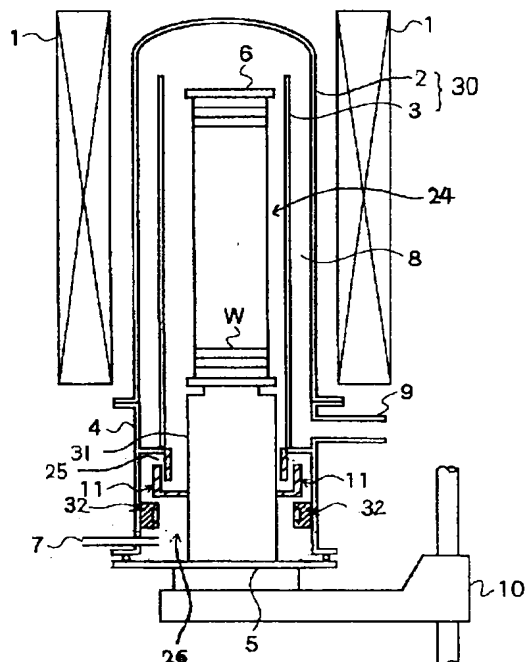
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 基板処理装置

(57)【要約】

【課題】 プラズマにより活性化されたガスを活性化状態のまま、より多く反応管内の基板に到達させることを可能とする。

【解決手段】 基板処理装置は、ウェーハWを処理する基板処理領域を形成する反応管30と、反応管30を支持する炉口フランジ4と、炉口フランジ4に設けられて反応管4内にガスを供給するガス供給管7と、プラズマを生成するプラズマ生成手段32とを備える。プラズマ生成手段32は、放電用のリング状電極12で構成して、炉口フランジ4の内周壁に設けられる。このプラズマ生成手段32は、プラズマによる活性化を必要とするガスを供給するガス供給管7の近傍の炉口フランジ4に設け、炉口フランジ内にプラズマ生成領域26を形成する。プラズマ生成領域26と基板処理領域24との間のプラズマを制御するプラズマ制御手段11を設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板を処理する反応管と、  
前記反応管を支持する炉口フランジと、  
前記炉口フランジに設けられ、前記炉口フランジを介して前記反応管内にガスを供給するガス供給管と、  
プラズマを生成するプラズマ生成手段とを備え、  
前記プラズマ生成手段を前記炉口フランジのガス供給管の近傍に設けて、前記ガス供給管から前記反応管内に供給されるガスを、前記プラズマ生成手段により生成したプラズマにより活性化可能に構成したことを特徴とする基板処理装置。

【請求項2】前記プラズマ生成手段によって前記炉口フランジ内でプラズマが生成される領域をプラズマ生成領域とし、前記反応管内の前記基板を処理する領域を基板処理領域として、  
前記プラズマ生成領域と前記基板処理領域との間に、前記プラズマ生成領域から前記基板処理領域へ流入するプラズマ量を制御するプラズマ制御手段を設けた請求項1に記載の基板処理装置。

【請求項3】前記プラズマ生成手段を覆ってプラズマを封じ込めるカバーと、  
該カバーの一部にプラズマにより活性化されたガスを取り出すことが可能な開放部とを設け、  
前記カバー内に封じ込まれた前記プラズマに前記ガス供給管からガスを供給することによりガスを活性化し、活性化したガスを前記開放部から取り出すようにした請求項1または2に記載の基板処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は基板処理装置に係り、特にプラズマを用いる基板処理装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、基板処理装置、例えば熱CVD装置は、ヒータによって加熱される反応管を備える。この反応管は炉口フランジによって支持され、この炉口フランジにガス供給管が設けられる。ガス供給管から炉口フランジを介して反応管内にガスが供給されて、反応管内の基板が処理、例えば成膜されるように構成される。

【0003】このような熱CVD装置に、従来、リモートプラズマCVD装置と呼ばれるものがある。これは、炉口フランジから離れた遠隔部に備えられたプラズマ生成手段によってプラズマを生成し、このプラズマにより必要に応じてガスを活性化させる。活性化したガスは、ガス供給管を通り炉口フランジ内に入る。その際、他の活性化を要しないガスを、炉口フランジ内に導入することもある。そして、炉口フランジから反応管内に供給されて、基板上に成膜を行なうというものである。

【0004】反応管内に供給されるガスに、プラズマにより活性化されたガスが含まれるので、プラズマを用い

ない熱CVD装置と比べて、低い温度で基板上に成膜を行なうことができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来のリモートプラズマ型の基板処理装置は、基板処理のために反応管内に供給されるガスに、リモートプラズマにより活性化されたガスが含まれるように構成されている。

【0006】しかし、このような構成では、活性化されたガスは反応管に至るまでに、ガス供給管及び炉口フランジを通過しなければならない。この長い経路を通過する間に、ガス供給管の内壁等と衝突して活性状態でなくなったり、活性化により生成された活性種のライフタイム切れが生じたりする。ガスは活性状態でなければ低い温度での反応ができないので、リモートプラズマ型では基板を有効に処理できないという問題点があった。

【0007】本発明の課題は、上述した従来技術の問題点を解決して、より多くのガスを活性な状態のまま反応管内の基板に到達させることが可能な基板処理装置を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、基板を処理する反応管と、前記反応管を支持する炉口フランジと、前記炉口フランジに設けられ、前記炉口フランジを介して前記反応管内にガスを供給するガス供給管と、プラズマを生成するプラズマ生成手段とを備え、前記プラズマ生成手段を前記炉口フランジのガス供給管の近傍に設けて、前記ガス供給管から前記反応管内に供給されるガスを、前記プラズマ生成手段により生成したプラズマにより活性化可能に構成したことを特徴とする基板処理装置である。

【0009】第1の発明によれば、プラズマ生成手段を炉口フランジのガス供給管の近傍に設けて、ガス供給管から反応管内に供給されるガスを、プラズマにより活性化可能に構成したので、反応管内に供給されるガスに、炉口フランジ内のプラズマにより活性化されたガスが含まれる。すなわち、リモートプラズマ型に対してニアプラズマ型（原理はリモートプラズマと同じ）とも呼ばれるもので、基板を処理するガスに、反応管と隣接する炉口フランジ内で活性化されて生成された活性種が含まれる。したがって、炉口フランジの遠隔部に位置するガス供給管に備えられたプラズマ生成手段によってガスが活性化される場合に比べて、活性種がガス供給管を通過する途中でライフタイム切れにより消滅したり、ガス供給管の内壁と衝突して活性状態でなくなったりすることを有効に阻止できる。その結果、より多くの活性種が活性な状態のまま炉口フランジから反応管内の基板に到達する。

【0010】第2の発明は、前記プラズマ生成手段によって前記炉口フランジ内でプラズマが生成される領域を

プラズマ生成領域とし、前記反応管内の前記基板を処理する領域を基板処理領域として、前記プラズマ生成領域と前記基板処理領域との間に、前記プラズマ生成領域から前記基板処理領域へ流入するプラズマの量を制御するプラズマ制御手段を設けた第1の発明に記載の基板処理装置である。

【0011】第2の発明によれば、炉口フランジのプラズマ生成領域と、反応管の基板処理領域とが隣接しているので、プラズマ生成領域に生成されたプラズマの一部が、プラズマ生成領域から基板処理領域に流入する可能性がある。しかし、本発明では、プラズマ生成領域と前記基板処理領域との間に、プラズマの流入量を制御するプラズマ制御手段を設けているので、基板処理領域への活性種の流入を阻害することなく、プラズマの流入量を制御することができる。したがって、プラズマの基板への影響を減ずることができる。

【0012】第3の発明は、前記プラズマ生成手段を覆ってプラズマを封じ込めるカバーと、該カバーの一部にプラズマにより活性化されたガスを取り出すことが可能な開放部とを設け、前記カバー内に封じ込まれた前記プラズマに前記ガス供給管からガスを供給することによりガスを活性化し、活性化したガスを前記開放部から取り出すようにした第1の発明または第2の発明に記載の基板処理装置である。

【0013】プラズマ生成手段によって生成されるプラズマは、カバー内に封じ込められるので、基板を処理する反応管へ流出するプラズマ量が低減する。したがって、プラズマの基板への影響を大幅に減ずることができる。また、ガス供給管からのガスは、カバー内に封じ込まれて密度の高くなったプラズマに供給されるので、確実に活性化される。活性化されたガスは、カバーに設けられた開放部から容易に取り出すことができる。したがって、より大量の活性種を基板に運ぶことができるので、基板をより有効に処理できる。また、カバーを設けたことにより、開放部近傍に供給したガスに活性エネルギーを効率良く与えることができる。

【0014】なお、上述した発明の他に、次のような基板処理装置とすることが可能である。例えば上記ガスが支燃性ガスである場合に、この支燃性ガスをプラズマ生成領域に供給することが可能である。ここで支燃性ガスとは、可燃性ガス（燃えるもの）を燃やすためのガスであり、可燃性ガスとともに、基板処理に必要なガス種である。支燃性ガスをプラズマ生成領域に供給することで、支燃性ガスを活性化させることができる。

【0015】また、上記ガスが支燃性ガスと可燃性ガスとからなり、これら支燃性ガスと可燃性ガスとの両方のガスをプラズマ領域に供給することも可能である。支燃性ガスと可燃性ガスとの両方を活性化させる必要がある場合に有効である。

【0016】また、支燃性ガスをプラズマ生成領域に供

給し、可燃性ガスをその他の領域、例えばプラズマ制御手段によりプラズマが制御されるプラズマ制御領域、またはプラズマ制御領域よりも下流の基板処理領域に通じる領域、もしくは基板処理領域に供給することも可能である。支燃性ガスは活性化させる必要があり、可燃性ガスは活性化させる必要がない場合に有効である。

【0017】また、プラズマ制御手段を蛇行ないし折れ曲がったガス流路で構成することも可能である。プラズマ制御手段を、このような形状をしたガス流路で構成すると、基板処理領域に流入するプラズマの量を簡単且つ有効に制御できる。

【0018】また、プラズマ生成手段を、放電用の電極に高周波電力を印加することによりプラズマを生成するように構成した場合において、炉口フランジが金属製であるときには、この放電用の電極は絶縁体を介して金属製の炉口フランジに設けるとよい。このようにすると、放電用の電極を炉口フランジから有効に絶縁することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に本発明の基板処理装置に係る実施の形態を図面を用いて説明する。

【0020】図1は、第1の実施の形態に係るプラズマを用いた縦型熱CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置の概略断面図である。この装置はプラズマを用いているが、基本的には熱CVD装置であり、プラズマCVD装置ではない。成膜させる領域はヒータで加熱されている基板処理領域であり、プラズマ生成領域では成膜せず、活性化したガスは基板処理領域ではじめて成膜に寄与するので、プラズマ生成領域で成膜に寄与するプラズマCVD装置とは異なる。

【0021】熱CVD装置は、加熱手段としての抵抗加熱ヒータ1を備える。そのヒータ1の内側に石英製の外部反応管2が設けられ、外部反応管2の内部には石英製の内部反応管3が同心状に配設される。外部反応管2と内部反応管3とでウェーハWを処理する反応管30が構成される。外部反応管2、内部反応管3は例えば金属製の炉口フランジ4上に立設される。炉口フランジ4の下端は炉口キャップ5により気密に閉塞される。炉口キャップ5にポートキャップ31を介してポート6が立設されて内部反応管3内に挿入される。ポート6にはバッチ処理されるウェーハWが水平姿勢で管軸方向に多段に積載される。ポート6はポートエレベータ10によって昇降自在に支持される。

【0022】炉口フランジ4の内部反応管3下方の位置にガス供給管7が連通され、また外部反応管2と内部反応管3との間に形成される円筒状の空間8の下端に連通するように、排気管9が炉口フランジ4に接続されている。

【0023】炉口フランジ4には、プラズマを生成するプラズマ生成手段32が設けられる。このプラズマ生成

10

20

30

40

50

手段32は炉口フランジ4のガス供給管7の近傍（ガス供給管のガス供給口よりも下流側）に設けられて、ガス供給管7から反応管30内に供給されるガスを、必要に応じてプラズマにより活性化できるように構成されている。図示例では、プラズマ生成手段32は、高周波放電を行なう放電用電極から主に構成され、炉口フランジ4の内部に絶縁体を介して設けられている。

【0024】プラズマ生成手段32が設けられる炉口フランジ4の近傍には、図示例のように炉口フランジ4の内部の他に、炉口フランジ4の外部も含まれる。また、プラズマ生成手段32が設けられるガス供給管7の近傍には、図示例のように、ガス供給管7の近辺の他に、ガス供給管自体も含まれる。また、プラズマ生成手段32は、高周波放電以外の公知の手段を用いてもよい。

【0025】ここで、反応管30内のウェーハWが処理される領域を基板処理領域24、プラズマ生成手段32によって炉口フランジ4にプラズマが生成される領域をプラズマ生成領域26という。

【0026】この基板処理領域24とプラズマ生成領域26との間に、プラズマ生成領域26から基板処理領域24へ流入するプラズマの量を制御するプラズマ制御手段11を設ける。このプラズマ制御手段11は、プラズマのみを制御して活性化されたガスでない活性種は制御しないようになっている。ここでプラズマ制御手段11によってプラズマを制御する領域をプラズマ制御領域25という。また、ヒータ1、反応管30、及び反応管30を支持する炉口フランジ4で構成されたものを炉という。

【0027】この実施の形態の装置を用いてウェーハを処理する方法は、従来のリモートプラズマ型の処理方法と基本的には同じである。すなわち、ポート6にウェーハWを装填し、その後、ポート6を反応管30内に挿入し、ヒータ1によって温度を安定化させ、排気管9からの真空引きによって圧力を安定化させる。その後、プラズマにより活性化した処理ガスをガス供給管7から炉口フランジ4内を経て反応管30に供給しつつ排気管9から排気して、反応管30内に供給してウェーハW上に成膜を行なう。この際、他の活性化を要しない処理ガスを、図示しない他のガス供給管から活性化しないで反応管内に供給してもよい。成膜後、反応管30内をバージして残留ガスを除去して、反応管30内からポート6を取り出し、処理後のウェーハWを回収する。

【0028】ここで、実施の形態の処理方法が、従来のリモートプラズマ型の処理方法と異なっている点は、反応管30内に供給するガスに、炉口フランジ4から遠く隔たったプラズマ生成領域にて活性化されるガスが含まれるのではなく、炉口フランジ4の近傍（ここでは炉口フランジ4内）のプラズマ生成領域26にて活性化されるガスが含まれる点である。すなわち、反応管内の基板処理領域24と隣接した炉口フランジ4内のプラズマ生

成領域26でガスを活性化する点である。

【0029】図2は、図1に示す左右対称の炉下部の右半分の拡大図である。

【0030】炉口フランジ4は、上下が開いた筒体で構成される。炉口フランジ4の上下開口には上フランジ部4b、下フランジ部4cが設けられる。上フランジ部4bで外部反応管2を下方から支持する。外部反応管2の外周にヒータ1が設けられる。炉口フランジ4の内周壁の上方に径方向内方に突出した内部反応管支持リング4aが設けられる。内部反応管支持リング4aで内部反応管3が下方から支持される。ポート6が挿入される内部反応管3内に基板処理領域24が形成される。

【0031】内部反応管3と外部反応管2との間に形成される円筒状の空間8の下端に対応する炉口フランジ4に、真空ポンプ等（図示せず）に接続される排気管9が設けられる。炉口フランジ4の下部フランジ部4cには炉口キャップ5が当接されて炉口を塞ぐ。この炉口キャップ5には、内部反応管3及び炉口フランジ4内に挿入されるポートキャップ受け33、ポートキャップ31、及びポート6が下から順に設けられる。

【0032】白抜き矢印で示すガス供給管7は炉口フランジ4に設けられ、炉口フランジ4を介して反応管30内にガスを供給するようになっている。ガス供給管7は、プラズマのエネルギーにより活性化する必要のあるガス17aを供給する第1のガス供給管17と、活性化する必要のないガス16aを供給する第2のガス供給管16とから構成される。第1のガス供給管17は、炉口フランジ4内のプラズマ生成領域26内に連通し、第2のガス供給管16は、後述するプラズマ制御領域25に連通している。

【0033】第1のガス供給管17の近傍にプラズマ生成手段32が設けられて、第1のガス供給管17から反応管30内に供給されるガスを、プラズマにより活性化するように構成されている。すなわち、炉口フランジ4の内周壁であって、ちょうど内部反応管支持リング4aと下部フランジ部4cとの中間位置に、プラズマを生成するプラズマ生成手段32が設けられる。このプラズマ生成手段32は、炉口フランジ4の内周に沿って絶縁体13を介して設けられたリング状の放電用電極12を備える。絶縁体13により炉口フランジ4から電氣的に絶縁された放電用電極12に、整合器34を介して高周波電源35が接続される。高周波電源35の高周波電力を放電用電極12に印加して、放電用電極12とアースされる炉口キャップ5との間に高周波電界が形成され、この高周波電界により炉口フランジ4内にプラズマが生成される。プラズマは炉口フランジ4内に供給されるガスによって生成され、プラズマの生成される領域がプラズマ生成領域26となる。このプラズマ生成領域26内に供給されるガスはプラズマによって活性化される。

【0034】なお、炉口フランジ4が金属製の場合、上

述したように、電極 12 は絶縁体 13 を挟んでアースと絶縁させるが、炉口フランジ 4 が絶縁体の場合は、絶縁体を挟む必要がない。要するに放電用電極 12 はアースに落ちないような構造であればよい。

【0035】また、炉口フランジ 4 内の内部反応管支持リング 4a とポートキャップ受け 33 との間であって、炉口フランジ 4 内に供給されたガスが上方の内部反応管 3 内に流入する流路に、プラズマを制御するプラズマ制御手段 11 が設けられる。プラズマ制御手段 11 は、プラズマ生成領域 26 で生成されたプラズマの通過量を規制するプラズマ制御領域 25 を設けることにより、プラズマが基板処理領域 24 に侵入しがたい、ないし基板処理領域 24 で発生しないようにしている。このプラズマ制御領域 25 に、プラズマにより活性化する必要のないガス 16a が、前述したように第 2 の供給管 16 から導入される。

【0036】プラズマ制御手段 11 は、例えばポートキャップ受け 33 の外周壁に、これから径方向外方にリング状の縁 36 を張り出し、その先端側を管軸方向上方に折り曲げて断面略し字型をした折曲リング 36a で構成される。これにより炉口フランジ 4 内のプラズマ生成領域 26 から反応管 30 内の基板処理領域 24 に通じる蛇行したガス流路 25a が形成される。図示例では、さらに、折曲リング 36a に加えて、ポートキャップ受け 33 上方に位置する炉口フランジ 4 の内部反応管支持リング 4a の周端から折曲リング 36a の底部に向けて同心状にリング 37 を垂下させ、ガス流路 25a の蛇行回数を増やしている。この蛇行流路 25a がプラズマ制御領域 25 となる。プラズマ制御手段 11 を構成するリング 36a、37 は、成膜に悪影響を与えない材質、例えば金属、絶縁体等の材料で構成する。

【0037】このようなプラズマ制御手段 11 の構成によってプラズマが制御されるメカニズムは、次の通りである。リング 36a、37 によりプラズマ中の負に帯電した電荷が遮断され、負電荷が基板処理領域 24 へ流入しないので、基板処理領域 24 にプラズマが生成されるのが抑制される。また、蛇行流路 25a により基板処理領域 24 に拡散するプラズマ中の負電荷が制御される。制御には具体的に電氣的制御と機械的制御とがある。

【0038】電氣的制御は、基本的には負に帯電した電子を制御する。プラズマ制御手段 11 を構成するリング 36a、37 を金属で構成して、リング 36a、37 をアース電位とした場合は、アースに拡散する電子を抑制するため、リング 36a、37 とプラズマとの間にシースが形成される。そのシース電位により電子が反発され、基板処理領域 24 内へ拡散する電子が抑制される。リング 36a、37 をアースせずに浮かして浮遊電位とした場合も、リング 36a、37 に拡散する電子が抑制されるため、リング 36a、37 が負に帯電し、さらにシース電位が大きくなり電子が拡散するのを抑制する。

【0039】リング 36a、37 が絶縁体で構成される場合も同様に、リング 36a、37 は負に帯電し、シースが形成される。そのシース電位により電子が反発され基板処理領域へ拡散する電子を抑制する。さらに、シース電位を大きくさせる場合、または任意にリング 36a、37 の電位を変える場合には、それを行なうための電源機構を設ける。

【0040】機械的制御は、蛇行した流路 25a により負の電荷が拡散するのを制御する。もっとも、電子はガス分子の質量より遥かに小さいので、機械的制御よりも電氣的制御によって容易に電子が反発され、基板処理領域 24 内への電子の拡散が抑制される。

【0041】プラズマ制御手段 11 を構成するリング 36a、37 が制御するのは、プラズマだけで、電氣的に中性なガスないし活性種は制御しないようにする必要がある。したがって、炉口フランジ 4 内のプラズマ生成領域 26 で生成された活性種ガス及びガスの通りを良くするために、メッシュ状もしくはスリット状で構成すると一層好ましい。

【0042】これらの制御方法で、基板処理領域 24 内へ拡散するプラズマの抑制、もしくは基板処理領域 24 内でのプラズマの生成促進が制御される。その結果、ウェーハのプラズマによるダメージを有効に防止できる。

【0043】次に、上述した熱 CVD 装置によりウェーハ W を処理する方法を説明する。この装置を用いて基板を処理する方法は、基本的に、従来のリモートプラズマ型と同様である。

【0044】すなわち、ポート 6 にウェーハ W を装填し、その後、ポートエレベータ 10 より炉口キャップ 5 を介してポート 6 を内部反応管 3 内に挿入する。炉口キャップ 5 が炉口フランジ 4 の下端を完全に密閉した後、温度を安定化する。また、外部反応管 2 内を排気して圧力を安定化する。温度及び圧力を安定化した後、ガス供給管 7 から複数種の処理用ガス（可燃性ガス、支燃性ガス）を炉口フランジ 4 を介して反応管 30 内に供給しつつ、排気管 9 より排出する。複数種の処理用ガスは、必要に応じてプラズマにより活性化して供給する。反応管 30 内をヒータ 1 により所定温度に加熱し、ウェーハ W 表面に成膜する。成膜完了後、ガス供給管 7 から不活性ガスを導入し、反応管 30 内を不活性ガスに置換して、常圧に復帰させる。ポート 6 を下降させ、ポート 6 から成膜完了後のウェーハ W を取り出し、処理後のウェーハ W を回収する。

【0045】ここで、従来と違う点は、前述したように基板処理領域 24 内に供給するガス 16a、17a に、炉口フランジ 4 内のプラズマ生成領域 26 にてプラズマにより活性化されたガスが含まれる点である。

【0046】次に、この点を説明する。ガス 16a、17a のうち活性化の必要なガス 17a は、矢印に示すようにプラズマ生成領域 26 へ供給される。活性化させる

必要がないガス16aは、矢印に示すようにプラズマ制御領域25から基板処理領域24へ供給される。

【0047】支燃性ガス、可燃性ガスを炉口フランジ4から反応管24内に供給するに際して、炉口フランジ4内に設けた放電用電極12に高周波電源35から高周波を与える。放電用電極12に高周波を与えると、ガス17aが放電して炉口フランジ4のプラズマ生成領域26にプラズマが生成される。ここで、特にプラズマ生成専用のガスは使用しないが、供給する支燃性ガス及び可燃性ガスだけで、安定したプラズマが生成されない場合は、さらに希ガスを供給して、プラズマの安定を図るとよい。プラズマの生成されたプラズマ生成領域26にガス17aが供給されると、活性化されて活性種が生成される。

【0048】プラズマ生成領域26と基板処理領域24との間に設けたプラズマ制御手段11を負に帯電させた場合、プラズマを構成する電子が、プラズマ生成領域26から基板処理領域24へ蛇行流路25aを通して拡散しようとしても、反発されるので、電子の拡散は抑制され、その結果プラズマ量の基板処理領域24への流入が制御される。しかし、ガス17aを活性化させることにより生成される活性種は、基本的にラジカルで電氣的に中性である。また、活性化させないガス16aも中性である。したがって活性種及びガス16aはプラズマ制御手段11の影響を受けない。このため、プラズマ制御手段11に供給されたガス16a、及びプラズマ生成領域26で生成されたプラズマにより活性化されたガス17aは、プラズマ制御手段11に規制されることなく、スルーで基板処理領域24に供給されて、ウェーハW上に運ばれる。

【0049】ここで、可燃性ガス、支燃性ガスのガス種のうち、可燃性ガスを活性化させるか否かは、基本的にヒータ1で加熱されている基板処理領域24で成膜を行なうので、プラズマのエネルギーによる可燃性ガスの活性化（分解）頻度を考慮して、可燃性ガスの活性化の必要性を決定する。

【0050】例えば、成膜処理温度で可燃性ガスが活性化されれば、プラズマのエネルギーによる可燃性ガスの活性化を必要としない。また、可燃性ガスを活性化させることにより、膜質の変化もしくは膜質が悪化する場合は、可燃性ガスを活性化させない。また、成膜処理温度で可燃性ガスが活性化されなければ、プラズマのエネルギーによる可燃性ガスの活性化を必要とする。また、可燃性ガスを活性化させることにより、膜質の変化もしくは膜質が悪化しない場合は可燃性ガスを活性化させる。

【0051】ガス種としては、例えば、支燃性ガスとして $\text{NH}_3$ を、可燃性ガスとしてDCS（ジクロロシラン： $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ ）を使用する。このとき形成される膜は、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜である。可燃性ガスは、上記したDCSの他に、CVDに用いる可燃性ガス全般に適用できる。

例えば、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ 、 $\text{Si}_2\text{Cl}_6$ 、BTBAS、TEOS等のシラン系ガス、またはその他の膜種に用いられるガスがある。

【0052】なお、可燃性ガス、支燃性ガスを共に活性化させたい場合には、図3に示すように、ガス供給管17、18を共に炉口フランジ4のプラズマ生成手段32の近傍に設けて、矢印17a、18aのように、すべてプラズマ生成領域26へ供給する。

【0053】上述したように第1の実施の形態では、炉口フランジ内にプラズマを生成するプラズマ生成領域を形成し、反応管内に供給するガスに、プラズマ生成領域でプラズマにより活性化されたガスが含まれるようにしたので、プラズマを使わずに熱のみでガスを活性化させる熱CVDの温度（600～800℃）に比べて、より低い温度（300～600℃（DSC+ $\text{NH}_3 \rightarrow \text{SiN}$ の場合））で基板を処理することができる。また、ニアプラズマを使った熱CVD装置では、リモートプラズマを使った熱CVD装置に比べて、より多くの活性化エネルギーを維持した状態で活性種をウェーハの到達させることができる。

【0054】具体的には、基板処理領域24内に供給するガスを、炉口フランジ4外の離れた位置にあるプラズマ生成領域ではなく、炉口フランジ4内のプラズマ生成領域26にて活性化している。したがって、炉口フランジ4外の離れた位置にプラズマ生成領域を設けてガス供給管17を通じて活性種を供給する場合と異なり、活性化したガスがガス供給管17を通らないので、ガス供給管17の内壁との衝突に起因する活性種の消滅量を大幅に低減できる。また、反応管30内の基板処理領域24と隣接する炉口フランジ4のプラズマ生成領域26でガスを活性化するので、プラズマ生成領域26で活性化されたガスを速やかに基板処理領域24に運ぶことができるので、活性種のライフタイム切れがなくなる。したがって、より多くの活性化されたガス、及び活性種をウェーハW上に運ぶことができ、多段に積載したウェーハW上で効率良く反応させて良質な薄膜を形成できる。

【0055】また、基板処理領域24に隣接したプラズマ生成領域26でプラズマを生成しても、基板処理領域24とプラズマ生成領域26との間に設けたプラズマ制御手段11によって基板処理領域24へ流入するプラズマの量を制御するので、プラズマによるウェーハWへの損傷を有効に回避できる。

【0056】なお、上述した実施の形態では、ウェーハW上に成膜する場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、基板処理領域内に堆積された膜をクリーニングする場合にも適用できる。この場合、 $\text{NF}_3$ などのクリーニング用ガスを炉口フランジ4内のプラズマ生成領域26で活性化させることになる。

【0057】またCVD法に限らず、ALD（Atomic Layer Deposition）法に適用す

ることもできる。ここで、ALD法は、比較的低温( $\text{DCS} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{SiN}$ の場合、 $300 \sim 600^\circ\text{C}$ )で基板上に処理ガスを1種類ずつ供給することにより、気相反応は用いず、表面反応のみを用いて1原子層ずつ膜を形成するものである。この場合、処理ガスには、プラズマによって活性化して供給するガスと、プラズマにより活性化しないで供給するガスとの2種類ある。したがって、活性化させたいガスを供給している間は、プラズマを生成させ、活性化の必要ないガスを供給している間は、プラズマは生成させないようにする。

【0058】また、上述した実施の形態では、プラズマ制御領域25を除いて、内部反応管支持リング4aと炉口キャップ5とで囲まれる炉口フランジ4内の空間の大部分をプラズマ生成領域26とした場合について説明した。しかし、このプラズマ生成領域26を圧縮してプラズマ密度を上げることができれば、同じ高周波電力エネルギーで、供給ガスを一層効率良く活性化することが可能である。このようなプラズマ生成領域を圧縮した第2の実施の形態を次に説明する。

【0059】図4、図5は、プラズマをより高密度にし、より確実にガスを活性化させるための第2の実施の形態を示す。図4は左右対称な炉下部の右半分の拡大図であり、図5は図4の要部の平衡断面図である。図4及び図5の構成は、基本的には図2の構成と同じである。図2と異なる主な点は、炉口フランジ4に設けられたプラズマ生成手段32をカバー14で覆っている点である。また、前述したようなプラズマ制御手段11をプラズマ生成領域26と基板処理領域24との境界に設けずに省略している点である。なお、プラズマ制御手段11は省略しなくても良い。

【0060】以下に具体的に説明する。図4に示すように、プラズマ生成手段32にプラズマを封じ込めるカバー14を設ける。カバー14は、プラズマ生成手段32を構成する放電用のリング状電極12及び絶縁体13の全体を覆うように、例えば断面略コ字状の環状ダクトで構成され、炉口フランジ4の内周壁に沿って設けられる。このカバー14内に、高密度のプラズマ15を生成するプラズマ生成領域26が形成される。カバー14は基本的に金属製で構成してアースする。なお、使用する処理用ガスによっては、腐食を考慮した材質を用いる。

【0061】図5に示すように、カバー14は、略全周にわたって環状に設けられる。したがって、図示するように、カバー14、電極12、フランジ4がそれぞれ同心円状になっている。カバー14の一部が切断されている。切断部の一端は閉じており、ここからカバー14内に処理用ガス19aが供給される。切断部の他端は開いて開放部22を形成しており、この開放部22の近傍にガス20aが供給される。また、この開放部22の内側にプラズマ制御機構23が設けられる。プラズマ制御機構23は、基本的には、前述したプラズマ制御手段11

と機能および構成は同一であるが、ここではメッシュ状もしくはスリット状で構成してある。

【0062】制御された制御プラズマ21により活性化させたいガスは、矢印20aに示すように、カバー開放部22近傍へ供給し、確実に活性化させたいガスは、矢印19aに示すようにカバー14内部に直接供給し、矢印21に示すように環状ダクトを一巡させた後、開放部22より取り出す。

【0063】カバー14の一端から供給されたガス19aは、カバー14内に封じ込まれて高密度になったプラズマ15により活性化される。活性化により生成された活性種は、開放部22からプラズマ制御機構23を通じて取り出され、炉口フランジ4を経て基板処理領域24に運ばれる。カバー14内で生成されたプラズマ15は、プラズマ制御機構23により、カバー14外部に拡散する量が制御される。

【0064】上述した矢印19a、20aに示すガス供給例として、成膜用のガスのうち、支燃性ガスとして $\text{NH}_3$ 、可燃性ガスとして $\text{DCS}$ 、希ガスとして $\text{Ar}$ を用いる。また、クリーニングガスとして $\text{NF}_3$ 、クリーニングガスに添加するガスとして $\text{Cl}_2$ を用いる。特に、 $\text{NF}_3$ に $\text{Cl}_2$ を添加すると、その添加により $\text{FCI}$ を生成し、このガスが $\text{Si}_3\text{N}_4$ をエッチングするが、 $\text{FCI}$ は $\text{SiO}_2$ をエッチングしないことから、 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$ 選択比を変えることができる。このことから石英で構成された装置部品に堆積された $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜をクリーニングする際、石英はエッチングせず、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ のみエッチングすることから、従来の $\text{NF}_3$ のクリーニングによる石英部品の劣化を抑制できる。

【0065】上述した第2の実施の形態の熱CVD装置によれば、プラズマ生成手段32をカバー14で覆うことにより、プラズマ密度を向上することができる。したがって、CVDに用いる原料ガスもしくはクリーニングガスをプラズマにより確実に活性化できる。また、プラズマ生成領域26がカバー14で区画形成されているので、基板処理領域24でのプラズマ生成を有効に防止でき、また基板処理領域24へのプラズマの流入も大幅に低減できる。したがって、ウェーハ等に対するプラズマダメージを有効に防止できる。

【0066】また、炉口フランジの大半をプラズマ生成領域として使用する場合に比べて、容量の小さなカバー内でプラズマを生成して、カバー内でガスを活性化するので、活性化効率が優れ、より多くのガスを活性化して活性種を生成することができる。さらに、従来のリモートプラズマ熱CVD装置よりも、より多くの活性種をウェーハに運ぶことができる。

【0067】また、開放部22に、開放部22から放出されるプラズマの放出量を制御するプラズマ制御機構23を設けたので、放出量に応じたプラズマエネルギーを持つ制御プラズマ21を開放部22から放出することが

10

20

30

40

50



できる。したがって、カバー14外からカバー開放部14の近傍に供給されるガスに、活性化に必要なエネルギーを容易に与えることができる。また、開放部22の近傍に設けるガス供給管20と制御プラズマ21の放出する開放部22との位置を変更することにより、制御プラズマの放出量を一定にしても、供給ガス20aに与えるプラズマエネルギーを制御することができる。

【0068】ここで、図4及び図5を用いた成膜処理及びクリーニング処理で使用されるガスの組合わせ例について説明する。

#### 【0069】(1) 成膜処理例1

カバー14内部にNH<sub>3</sub>、開放部22付近にDCSを供給する。NH<sub>3</sub>はプラズマ15により活性化される。活性化したNH<sub>3</sub>をウェーハWに供給することにより基板処理領域24でDCSと反応し、従来の熱CVD装置、さらにはリモートプラズマ熱CVD装置の温度より低い温度でSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の成膜を行なうことができる。

#### 【0070】(2) 成膜処理例2

カバー14内部にAr、開放部22付近にDCS及びNH<sub>3</sub>を供給する。高密度プラズマに15により活性化されたArは矢印21に示すように取り出され、活性エネルギーをNH<sub>3</sub>とDCSに与える。これによっても、従来の温度より低い温度でSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の成膜を行なうことができる。

#### 【0071】(3) クリーニング例1

カバー14内部にNF<sub>3</sub>を供給する。NF<sub>3</sub>を高密度プラズマ15により活性化させ、NF<sub>3</sub>の活性ガスを用いて、クリーニング処理を行う。活性化したNF<sub>3</sub>を基板処理領域24に供給することにより基板処理領域に堆積されている膜と反応し、従来の温度より低い温度でクリーニング処理を行なうことができる。

#### 【0072】(4) クリーニング例2

カバー14内部にAr、開放部22付近にNF<sub>3</sub>を供給する。プラズマ15によりArを活性化させ、活性エネルギーをNF<sub>3</sub>に与え、クリーニング処理を行う。これによっても、従来の温度より低い温度でクリーニング処理を行なうことができる。

#### 【0073】(5) クリーニング例3

カバー14内部にNF<sub>3</sub>及びCl<sub>2</sub>を供給する。または、カバー14内部にNF<sub>3</sub>、開放部22付近にCl<sub>2</sub>を供給する。いずれの方法でもガスが活性され、FC1が効率

良く生成される。FC1は、基板処理領域24内のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜と反応し、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜をエッチングし、従来の温度より低い温度でクリーニング処理を行なうことができる。

#### 【0074】(6) 基板表面処理例

カバー14内部にH<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、またはNH<sub>3</sub>、開放部22付近にNF<sub>3</sub>を供給する。プラズマ15によりH<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>またはNH<sub>3</sub>を活性化させ、活性化エネルギーをNF<sub>3</sub>に与え、ウェーハに供給することにより、ウェーハ上の自然酸化膜と反応し、副生成物が形成される。その後、ウェーハを加熱することにより副生成物が除去され、自然酸化膜が除去される。このような処理も行なうことができる。

【0075】なお、上述した第1及び第2の実施の形態では、反応管は、いずれも二重管について説明したが、本発明は単管を備える装置に適用することも可能である。

#### 【0076】

【発明の効果】本発明によれば、炉口フランジの近傍にプラズマ生成手段を備えたので、炉口フランジの遠隔にプラズマ生成手段を備えたものと比べて、活性化されたガスを活性な状態のまま、より多く反応管内の基板に到達させることができる。したがって基板を有効に処理できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係る基板処理装置の概略図である。

【図2】図1に係る基板処理装置の炉口フランジ部の拡大図である。

【図3】第1の実施の形態に係る変形例を示す炉口フランジ部の拡大図である。

【図4】第2の実施の形態に係る基板処理装置の炉口フランジ部の拡大図である。

【図5】図4の要部の平断面図である。

#### 【符号の説明】

W ウェーハ（基板）

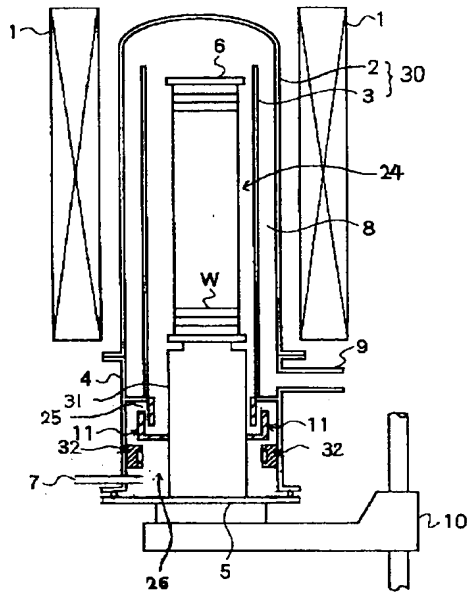
4 炉口フランジ

7 ガス供給管

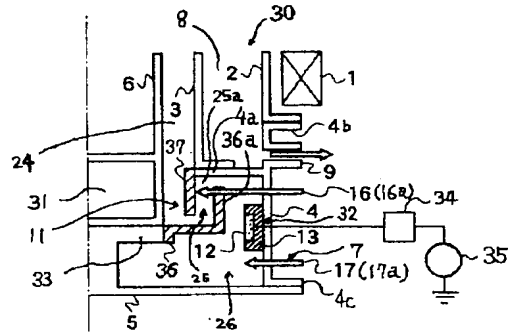
11 プラズマ生成手段

30 反応管

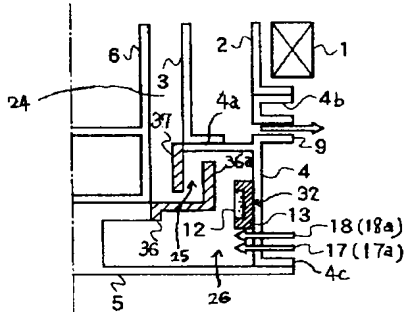
【図 1】



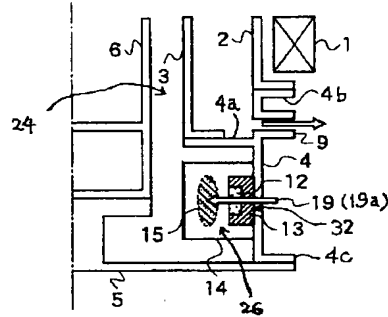
【図 2】



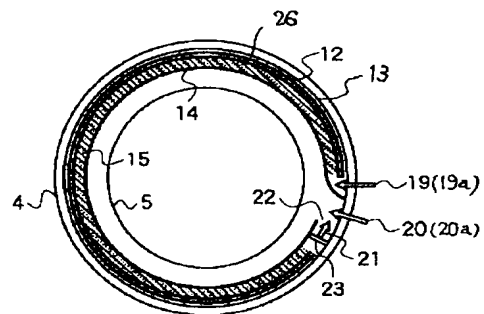
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 AA03 AA06 AA13 BA40 CA12  
EA06 FA10 KA04 KA23 KA30  
5F045 AA04 AA16 AB33 AC01 AC03  
AC12 AD07 AD08 AD09 AD10  
BB07 DP19 DQ05 EB06 EH04  
EK06